



MÓDULO 4
AGRICULTURA



4. AGRICULTURA

4.1 Introducción

En el módulo Agricultura se consideran las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de cinco fuentes:

- Ganado doméstico: fermentación entérica y manejo del estiércol
- Cultivo del Arroz: arrozales anegados
- Quema Prescrita de Sabanas
- Quema en el Campo de residuos Agrícolas
- Suelos agrícolas

4.2 Ganado doméstico

4.2.1 Introducción

Este submódulo trata de las emisiones de metano y óxido nitroso procedentes de dos fuentes:

- la fermentación entérica
- el manejo del estiércol

El metano procedente de la fermentación entérica en los herbívoros es una consecuencia del proceso digestivo durante el cual los hidratos de carbono se descomponen por la acción de microorganismos, en moléculas simples que se absorben en el torrente sanguíneo. Tanto los animales rumiantes (por ej., el ganado vacuno y el ovino) como algunos no rumiantes (por ej., los cerdos y los caballos) producen metano; sin embargo, los rumiantes son la fuente más importante. La cantidad de CH_4 liberado depende del tipo, edad y peso del animal, así como de la cantidad y calidad del forraje ingerido.

El metano procedente del manejo del estiércol obedece a su descomposición en condiciones anaeróbicas. Esas condiciones se presentan por lo general cuando se cría un número elevado de animales en un área confinada (por ej., vaquerías, corrales para engorde de ganado de carne, y granjas porcinas y de cría de aves de corral).

En este submódulo no se incluyen las emisiones de metano correspondientes a los animales salvajes ni a las termitas. En las *Directrices* del IPCC se presta atención especial a las emisiones antropogénicas. Si bien existen interacciones de los seres humanos con fuentes naturales tales como los animales salvajes y las termitas, son muy complejas y difíciles de determinar.

4.2.2 Fuentes de los datos

No existe ninguna fuente que proporcione todos los datos necesarios para estimar las emisiones de metano del ganado doméstico. La Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO) publica una serie de *Anuarios de Producción* (p. ej., FAO, 1991). Esa serie incluye

información sobre los censos de ganado y la producción y consumo de productos derivados del ganado. Es necesario complementar los datos de la FAO con estudios orientados a los distintos países. Muchos países publican los resultados de los censos agrícolas, en los que se incluyen datos relativos a los niveles de producción, además del censo ganadero. En la Tabla 4-I se resumen los datos necesarios.

TABLA 4-I					
DATOS DE LA POBLACIÓN DE GANADO RECOGIDOS EN EL NIVEL I PASO I					
Ganado	Datos recogidos				
	Población (número de cabezas)	Producción de leche (kg/cabeza/año)	Población por clima (%)		
			Frío	Templado	Cálido
Ganado lechero	Población anual media	Producción de leche por cabeza	% Frío	% Temp.	% Cálido
Ganado no lechero	Población anual media	No se aplica (NA)	% Frío	% Temp.	% Cálido
Búfalos	Población anual media	(NA)	% Frío	% Temp.	% Cálido
Ovejas	Población anual media	(NA)	% Frío	% Temp.	% Cálido
Cabras	Población anual media	(NA)	% Frío	% Temp.	% Cálido
Camellos	Población anual media	(NA)	% Frío	% Temp.	% Cálido
Caballos	Población anual media	(NA)	% Frío	% Temp.	% Cálido
Mulas y asnos	Población anual media	(NA)	% Frío	% Temp.	% Cálido
Cerdos	Población anual media	(NA)	% Frío	% Temp.	% Cálido
Aves de corral	Población anual media	(NA)	% Frío	% Temp.	% Cálido

Atendiendo a la temperatura media anual se han definido tres regiones climáticas: Fría = inferior a 15°C; templada = 15°C a 25°C inclusive; y cálida = superior a 25°C.

4.2.3 Metodología

Si bien las cuestiones metodológicas son muy complejas, para los fines de este *Libro de Trabajo* se utiliza una metodología simplificada.

Las personas interesadas en obtener más información sobre la metodología pueden consultar el *Manual de Referencia para el inventario de los gases de efecto invernadero*. En términos generales, las emisiones se calculan aplicando un factor de emisión al número de animales de cada tipo de ganado en el país para obtener el total de la fermentación entérica. Se incluyen factores de emisión por defecto para los países desarrollados y en desarrollo, presentándose mayor detalle regional para el ganado vacuno, la fuente más importante en esta actividad.



Se emplea una metodología similar para estimar las emisiones procedentes del manejo del estiércol. En este rubro, los factores de emisión por defecto se presentan por regiones para tres regímenes climáticos diferentes. Basta con multiplicar las poblaciones por los factores de emisión para obtener las estimaciones de las emisiones.

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Para anotar los datos deberá utilizarse la HOJA DE TRABAJO 4-I EMISIONES DE METANO Y DE ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL, que aparece al final de este módulo.

PASO I ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA

- 1 Anotar en la columna A de la HOJA DE TRABAJO 4-I las cifras, en millares, para cada tipo de ganado.

Consultar los Anuarios de Producción de la FAO (por ej., FAO 1991) si no se cuenta con datos locales. Se recomienda que los expertos nacionales utilicen promedios para un período de tres años por lo que respecta a los datos de la actividad, cuando están disponibles, para evitar distorsión de las cifras en caso de que el año base del inventario haya sido un año excepcional que no sea representativo del nivel de actividad normal del país.

- 2 Para cada tipo de ganado, se deberá indicar en la columna B un Factor de Emisión medio en kilogramos por cabeza por año (que equivale a toneladas por mil cabezas por año). Se deberá emplear una de las cifras presentadas en las siguientes tablas o los datos locales, si estos fueran más precisos. Como el ganado es la fuente más importante, y los factores de emisión para el ganado varían considerablemente de una región a otra, se incluyen factores por defecto para varias regiones. Se deberán seleccionar los factores de emisión para el ganado que resulten más adecuados para la situación nacional.

USO DE LA HOJA DE TRABAJO

- Copie la hoja de trabajo que aparece al final de esta sección para completar el inventario.
- No escriba en el original de la hoja de trabajo para que pueda hacer copias adicionales en caso necesario.

TABLA 4-2
FACTORES DE EMISIÓN DE METANO PROCEDENTES DE LA
FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO (KG CH₄ POR CABEZA Y AÑO O T CH₄
POR 1000 CABEZAS POR AÑO)

Tipo de ganado	Países desarrollados	Países en desarrollo
Búfalos	55	55
Ovejas	8	5
Cabras	5	5
Camellos	46	46
Caballos	18	18
Mulas y asnos	10	10
Cerdos	1,5	1,0
Aves de corral	No estimado	No estimado

Todas las Estimaciones son + o - 20%.
 Las fuentes se pueden consultar en el *Manual de referencia para el inventario de los gases de*

- 3 Multiplicar el número de cabezas de ganado por los factores medios de emisión para obtener las emisiones procedentes de la fermentación entérica en toneladas por año. Anotar el resultado en la columna C.



Características regionales	Tipo de ganado	Factores de emisión (kg CH ₄ /cabeza/año)	Comentarios
América del Norte: Sector lácteo muy productivo y comercializado, con alimentación de elevada calidad a base de forraje y grano. Rebaños separados, de vacas para carne, principalmente en pastoreo con suplementos alimenticios estacionales. Terneras y novillos para carne de rápido crecimiento alimentados con grano en la etapa final en corrales de engorde. Las vacas lecheras representan una pequeña parte de la población.	Lechero	118	Producción media de leche de 6700 kg/cabeza/año
	No lechero	47	Incluye vacas, toros, terneras y novillas para carne y ganado de cría.
Europa Occidental: Sector lácteo muy productivo y comercializado, con alimentación de elevada calidad a base de forraje y grano. Las vacas lecheras se utilizan también para la producción de novillos para carne. El rebaño de vacas para carne es poco numeroso. La alimentación con granos en corrales de engorde es poco frecuente.	Lechero	100	Producción media de leche de 4200 kg/cabeza/año
	No lechero	48	Incluye vacas, toros, becerros y cría de terneras y novillos.
Europa Oriental: Sector lácteo comercializado, con alimentación de forraje. Rebaño separado de vacas para carne, principalmente en pastoreo. Pocos animales criados en corrales de engorde y alimentados con grano.	Lechero	81	Producción media de leche de 2550 kg/cabeza/año
	No lechero	56	Incluye vacas, toros, y crías de razas para carne.
Oceanía: Sector lácteo comercializado, basado en el pastoreo. Rebaños separados de vacas para carne, principalmente en pastoreo en extensos terrenos de distintas calidades. Va en aumento el número de animales criados en corrales de engorde y alimentados con grano. Las vacas lecheras representan una pequeña parte de la población.	Lechero	68	Producción media de leche de 1700 kg/cabeza/año
	No lechero	53	Incluye vacas, toros y crías de razas para carne.
América Latina: Sector lácteo comercializado, basado en el pastoreo. Rebaños separados de vacas para carne, principalmente en pastoreo en pastizales y prados. Reducido número de animales criados en corrales de engorde y alimentados con grano. La cría de ganado vacuno constituye la mayor parte de la población.	Lechero	57	Producción media de leche de 800 kg/cabeza/año
	No lechero	49	Incluye vacas, toros y crías de raza para carne.

TABLA 4-3 (CONTINUACIÓN)			
FACTORES DE EMISIÓN DE METANO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO			
Características regionales	Tipo de ganado	Factores de emisión (kg CH ₄ /cabeza/año)	Comentarios
Asia: Pequeño sector lácteo comercializado. La mayor parte del ganado se emplea para varios propósitos, utilizándolos como animales de tiro y para producir leche en regiones agrícolas. Pequeña población en pastoreo. Todos los tipos de ganado son más pequeños que los encontrados en la mayoría de las demás regiones.	Lechero	56	Producción media de leche de 1650 kg/cabeza/año
	No lechero	44	Incluye vacas, toros y crías para múltiples fines.
África y Oriente Medio: Sector lácteo comercializado, basado en el pastoreo con baja productividad por vaca. La mayor parte del ganado sirve para varios propósitos, y se utiliza como animales de tiro y para producir leche en las regiones agrícolas. Parte del ganado en pastoreo por extensas áreas. El ganado de todos los tipos es más pequeño que el de la mayoría de las otras regiones.	Lechero	36	Producción media de leche de 475 kg/cabeza/año
	No lechero	32	Incluye vacas, toros y crías de razas para múltiples usos.
Subcontinente indio: Sector lácteo comercializado, con alimentación basada en subproductos de las cosechas y con baja producción por vaca. La mayoría de los bueyes se utilizan como animales de tiro y las vacas producen algo de leche en las regiones granjeras. Pocos animales en pastoreo. El ganado de todos los tipos es más pequeño que el criado en la mayoría de las otras regiones.	Lechero	46	Producción media de leche de 900 kg/cabeza/año
	No lechero	25	Incluye vacas, toros y crías. Las crías constituyen la mayor parte de la población.
Las fuentes se indican en el <i>Manual de Referencia para el inventario de los gases de efecto invernadero</i> .			

PASO 2 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES PROCEDENTES DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL

- I Para cada tipo de animal, indicar en la columna D el Factor de Emisión correspondiente al Manejo del Estiércol en kilogramos por cabeza y año. Utilice los datos por defecto de las tablas que se presentan a continuación o los datos locales si son más precisos.

En la Tabla 4-4 se incluyen los factores de emisión por defecto para la mayoría de los tipos de ganado, con distintos valores para países desarrollados y en desarrollo, a fin de reflejar distintas condiciones y prácticas típicas. También se incluyen factores para tres tipos de climas diferentes. Los usuarios deberán seleccionar los factores que mejor representen sus propias condiciones. En el caso de los países extensos, podría ser necesario dividir las poblaciones en varias regiones climáticas. En ese caso, el usuario puede realizar los cálculos en una de las dos formas siguientes:



- a Calcular un factor de emisión medio. Por ejemplo:

Si el 25% de las ovejas se encuentran en una región templada y el 75% en una región cálida, tendremos:

$$FE = (0,25 \times 0,16) + (0,75 \times 0,21) = 0,20 \text{ kg/cabeza/año}$$

Si los usuarios estimaran factores de emisión y calcularan el promedio, deberán informar de su decisión y documentar sus fuentes.

- b Otra posibilidad es hacer varias copias adicionales de la hoja de trabajo y rellenar una para cada región para la parte del estiércol, sumar los resultados y anotar el resultado en la hoja de trabajo principal.

Los cerdos, los búfalos y el ganado vacuno son la principal fuente de emisiones procedentes del estiércol y la más variable dependiendo de la región, razón por la que se incluyen factores de emisión más detallados en otra tabla.

- 2 Multiplicar el Número de Animales por el Factor de Emisión para el Manejo del Estiércol, a fin de obtener las Emisiones Procedentes del Manejo del Estiércol en t/año. Indicar los resultados en la columna E.

TABLA 4-4 FACTORES DE EMISIÓN PARA EL MANEJO DEL ESTIÉRCOL (KG DE CH ₄ POR CABEZA Y AÑO)						
Tipo de ganado	Países desarrollados			Países en desarrollo		
	Frío	Temp. ^a	Cálido	Frío	Temp. ^a	Cálido
Ovejas	0,19	0,28	0,37	0,10	0,16	0,21
Cabras	0,12	0,18	0,23	0,11	0,17	0,22
Camellos	1,59	2,38	3,17	1,28	1,92	2,56
Caballos	1,39	2,08	2,77	1,09	1,64	2,18
Mulas y asnos	0,76	1,14	1,51	0,60	0,90	1,19
Aves de corral ^b	0,078	0,117	0,157	0,012	0,018	0,023

El rango de las estimaciones refleja climas que van de fríos a cálidos. Atendiendo a la media anual de las temperaturas, se han definido las siguientes regiones climáticas: Fría = inferior a 15°C; Templada = de 15°C a 25°C inclusive; y Cálida = superior a 25°C. Las regiones frías, templadas y cálidas se han estimado utilizando factores de conversión en metano de 1%, 1,5% y 2%, respectivamente.

^a Temp. = Región de clima templado.

^b Pollos, patos y pavos.

Todas las estimaciones son \pm 20%.

Fuentes: Los factores de emisión se han calculado a partir de los valores de ingestión y digestibilidad de los alimentos empleados para calcular los factores de emisión correspondientes a la fermentación entérica (véase el Apéndice A del *Manual de Referencia*, Capítulo 4); los valores de FCM y B₀ son los presentados en Woodbury y Hashimoto (1993). Se da por supuesto que todo el estiércol se maneja en sistemas secos, lo que está acorde con el uso de los sistemas de manejo del estiércol según Woodbury y Hashimoto (1993).

TABLA 4-5 FACTORES DE EMISIÓN PARA EL MANEJO DEL ESTIÉRCOL DEL GANADO VACUNO, CERDOS, Y BÚFALOS				
Características regionales	Tipo de ganado	Factores de emisión por región climática ^a (kg/cabeza/año)		
		Fría	Templada	Cálida
América del Norte: Por lo general se emplean sistemas de tipo líquido para el estiércol de las vacas lecheras y los cerdos. El estiércol del ganado no lechero se maneja generalmente en forma sólida y se deposita en pastizales o prados.	Ganado lechero	36	54	76
	Ganado no lechero	1	2	3
	Cerdos	10	14	18
Europa Occidental: Se emplean generalmente sistemas de manejo líquido / lechoso y el almacenamiento en pozos en el caso del estiércol del ganado y de los cerdos. Limitados terrenos de cultivo para esparcir el estiércol.	Ganado lechero	14	44	81
	Ganado no lechero	6	20	38
	Cerdos	3	10	19
	Búfalos	3	8	17
Europa Oriental: Para la mayoría del estiércol se emplean sistemas de manejo en forma sólida. Aproximadamente un tercio del estiércol del ganado se maneja en sistemas de tipo líquido.	Ganado lechero	6	19	33
	Ganado no lechero	4	13	23
	Cerdos	4	7	11
	Búfalos	3	9	16
Oceanía: Prácticamente todo el estiércol del ganado se maneja como sólido en pastizales y prados. Aproximadamente la mitad del estiércol porcino se trata en lagunas anaeróbicas.	Ganado lechero	31	32	33
	Ganado no lechero	5	6	7
	Cerdos	20	20	20
América Latina: Casi todo el estiércol del ganado se trata como sólido en pastizales y prados. El estiércol de búfalo se deposita en pastos y campos.	Ganado lechero	0	1	2
	Ganado no lechero	1	1	1
	Cerdos	0	1	2
	Búfalos	1	1	2
Asia: Aproximadamente la mitad del estiércol del ganado vacuno se maneja en sistemas secos. Casi el 40% del estiércol porcino se trata en forma líquida. El estiércol de búfalo se trata en seco y se deposita en pastos y campos	Ganado lechero	7	16	27
	Ganado no lechero	1	1	2
	Cerdos	1	4	7
	Búfalos	1	2	3
África: Casi todo el estiércol del ganado se trata como sólido en pastos y campos.	Ganado lechero	1	1	1
	Ganado no lechero	0	1	1
	Cerdos	0	1	2



TABLA 4-5 (CONTINUACIÓN)
FACTORES DE EMISIÓN PARA EL MANEJO DEL ESTIÉRCOL DEL GANADO VACUNO, CERDOS, Y BÚFALOS

Características regionales	Tipo de ganado	Factores de emisión por región climática ^a (kg/cabeza/año)		
		Fría	Templada	Cálida
Oriente Medio: Más de dos terceras partes del estiércol del ganado se deposita en pastos y campos. Aproximadamente un tercio del estiércol porcino se trata en sistemas de tipo líquido. El estiércol de búfalo se quema como combustible o se maneja en forma sólida.	Ganado lechero	1	2	2
	Ganado no lechero	1	1	1
	Cerdos	1	3	6
	Búfalos	4	5	5
Subcontinente indio: Aproximadamente la mitad del estiércol del ganado vacuno y de los búfalos se utiliza como combustible, el resto se trata en sistemas secos. Aproximadamente un tercio del estiércol porcino se trata en forma líquida.	Ganado lechero	5	5	6
	Ganado no lechero	2	2	2
	Cerdos	3	4	6
	Búfalos	4	5	5

^a Los climas fríos tienen una temperatura media inferior a 15°C; los climas templados tienen una temperatura media comprendida entre 15°C y 25°C inclusive; los climas cálidos tienen una temperatura media superior a 25°C. Todas las categorías climáticas no tienen necesariamente que estar representadas en cada región. Por ejemplo, no existen áreas cálidas en Europa Occidental ni Oriental. Asimismo, tampoco hay áreas frías importantes en África ni en el Oriente Medio.

Nota: No existen poblaciones importantes de búfalos en América del Norte, Oceanía ni en África.

Las fuentes se presentan en el *Manual de Referencia para el inventario de los gases de efecto invernadero*.

PASO 3 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL

- 1 Sumar las emisiones correspondientes a la Fermentación Entérica y al Manejo del Estiércol y anotar los totales en la parte inferior de la HOJA DE TRABAJO.
- 2 Sumar los dos totales para obtener el Total Anual de Emisiones del Ganado Doméstico.
- 3 Dividir el resultado final por 1.000 para expresarlo en gigagramos. Indicar el resultado en la columna F.

PASO 4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE N₂O PROCEDENTES DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL

ECUACIÓN I

$$Nex_{(SME)} = \sum_{(T)} [N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times SME_{(T)}]$$

en la cual :

- Nex_(SME) = excreción de N por Sistema de Manejo del Estiércol (kg/año) (véase el Paso I en la Sección 4.6 correspondiente a los suelos agrícolas);
- N_(T) = número de animales de tipo T en el país;
- Nex_(T) = excreción de N de los animales de tipo T en el país (kg N/animal/año) (véase la Tabla 4-6);
- SME_(T) = fracción de Nex_(T) en uno de los varios sistemas de manejo del estiércol diferenciados para los animales de tipo T en el país; (véase la Tabla 4-7);
- T = tipo de categoría de animal.

HOJA DE TRABAJO 4-I (Adicional) NITRÓGENO EXCRETADO POR SISTEMA DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL

Utilice la HOJA DE TRABAJO 4-I Adicional para calcular el Nitrógeno Excretado por Sistema de Manejo del Estiércol (SME). Deberán hacerse fotocopias adicionales de la HOJA DE TRABAJO y llenar una para cada uno de esos sistemas.

- 1 Indicar en la columna A el número de animales, N, en un país.
- 2 Anotar en la columna B el Nitrógeno Excretado, Nex, para cada tipo de animal. Los datos por defecto se presentan en la Tabla 4-6.
- 3 Indicar en la columna C la Fracción de Nitrógeno en el Estiércol para cada Sistema de Manejo del Estiércol. Los valores por defecto se presentan en la Tabla 4-7.
- 4 Multiplicar las columnas A, B, y C, y anotar los resultados en la columna D.
- 5 Sumar los valores en la columna D y anotar el total en la parte inferior de la columna para obtener el Nitrógeno Excretado para cada Sistema de Manejo del Estiércol, Nex_(SME), en kilogramos de N por año.



ECUACIÓN 2

$$N_2O_{(SME)} = \sum [Nex_{(SME)} \times FE_3(SME)]$$

en la cual:

- $N_2O_{(SME)}$ = emisiones de N_2O de todos los Sistemas de Manejo del Estiércol en el país (kg N/año);
- $Nex_{(SME)}$ = Véase la Ecuación 1, *supra*;
- $FE_3(SME)$ = El factor de emisión de N_2O para un Sistema de Manejo del Estiércol (kg N_2O -N/kg de Nex en SME); (véase la Tabla 4-8).

Utilice la HOJA DE TRABAJO 4-1, Hoja 2 de 2, para calcular las Emisiones de N_2O procedentes de todos los Sistemas de Manejo del Estiércol.

- 1 Indicar en la columna A para cada Sistema de Manejo del Estiércol los valores del nitrógeno excretado $Nex_{(SME)}$ que aparecen en la casilla inferior de la columna D de cada Hoja de trabajo adicional.
- 2 Para cada tipo de Sistema de Manejo del Estiércol, indicar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente a cada Sistema de Manejo del Estiércol. Utilizar los valores por defecto presentados en la Tabla 4-8 o datos locales más precisos si estuvieran disponibles.
- 3 Multiplicar el valor de la excreción de N (columna A) por el Factor de Emisión de N_2O para el Sistema de Manejo del Estiércol (columna B) y seguidamente por la relación de conversión 44/28 para obtener el Total Anual de las Emisiones de N_2O . Multiplicar el resultado final por 10^{-6} para expresarlo en gigagramos. Indicar los resultados en la columna C.
- 4 Sumar las cifras de la columna C e indicar el resultado en la casilla inferior de la columna.

ÓXIDO NITROSO DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL

En este punto se estima el Nitrógeno Excretado, Nex , de todos los sistemas. No obstante, se debe señalar que las emisiones de N_2O procedentes de los lagunas anaeróbicas, los sistemas de tipo líquido, el almacenamiento sólido, las parcelas secas, y "otros sistemas" se reflejan en esta sección mientras que las correspondientes al abonado diario y a praderas y pastizales se reflejan en el rubro Suelos Agrícolas (véase la Sección 4.6).

Tabla 4-6 VALORES POR DEFECTO PROVISIONALES PARA EL NITRÓGENO EXCRETADO POR CABEZA DE ANIMAL POR REGIÓN (kg/animal/año)^a						
Región	Tipo de animal					
	Ganado no lechero	Ganado lechero	Aves de corral	Ovejas	Cerdos	Otros
América del Norte	70	100	0,6	16	20	25
Europa Occidental	70	100	0,6	20	20	25
Europa Oriental	50	70	0,6	16	20	25
Oceanía	60	80	0,6	20	16	25
América Latina	40	70	0,6	12	16	40
África	40	60	0,6	12	16	40
Cercano Oriente y Mediterráneo	50	70	0,6	12	16	40
Asia y Extremo Oriente	40	60	0,6	12	16	40

^a Fuente: Ecetoc (1994), Vetter et al. (1988), Steffens y Vetter (1990).



Tabla 4-7
VALORES POR DEFECTO PARA EL PORCENTAJE DE N EN EL ESTIÉRCOL PRODUCIDO CON DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL EN DIFERENTES REGIONES DEL MUNDO (TOMADO DE SAFLEY ET AL., 1992)

Región	Tipo de animal	Porcentaje de producción de estiércol por Sistema de manejo del estiércol						
		Lagunas anaeróbicas	Sistema de tipo líquido	Abonado diario	Almacenamiento sólido y parcelas secas	Praderas y pastizales	Combustible utilizado	Otros sistemas
América del Norte	Ganado no lechero (D)	0	1	0	14	84	0	1
	Ganado lechero	10	23	37	23	0	0	7
	Aves de corral (E)	5	4	0	0	1	0	90
	Ovejas	0	0	0	2	88	0	10
	Cerdos	25	50	0	18	0	0	6
	Otros animales (F)	0	0	0	0	92	0	8
Europa Occidental	Ganado no lechero (D)	0	55	0	2	33	0	9
	Ganado lechero	0	46	24	21	8	0	1
	Aves de corral (E)	0	13	0	1	2	0	84
	Ovejas	0	0	0	2	87	0	11
	Cerdos	0	77	0	23	0	0	0
	Otros animales (F)	0	0	0	0	96	0	4
Europa Oriental	Ganado no lechero (D)	8	39	0	52	0	0	1
	Ganado lechero	0	18	1	67	13	0	0
	Aves de corral (E)	0	28	0	0	1	0	71
	Ovejas	0	0	0	0	73	0	27
	Cerdos	0	29	0	0	27	0	45
	Otros animales (F)	0	0	0	0	92	0	8

TABLA 4-7 (CONTINUACIÓN) VALORES POR DEFECTO PARA EL PORCENTAJE DE N EN EL ESTIÉRCOL PRODUCIDO CON DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL EN DIFERENTES REGIONES DEL MUNDO (TOMADO DE SAFLEY ET AL., 1992)								
Región	Tipo de animal	Porcentaje de producción de estiércol para cada Sistema de manejo del estiércol						
		Lagunas anaeróbicas	Sistema de tipo líquido	Abonado diario	Almacenamiento sólido y parcelas secas	Praderas y pastizales	Combustible utilizado	Otros sistemas
Oceanía	Ganado no lechero (D)	0	0	0	0	100	0	0
	Ganado lechero	0	0	0	0	100	0	0
	Aves de corral (E)	0	0	0	0	3	0	97
	Ovejas	0	0	0	0	100	0	0
	Cerdos	55	0	0	17	0	0	28
	Otros animales (F)	0	0	0	0	100	0	0
	América Latina	Ganado no lechero (D)	0	0	0	0	99	0
	Ganado lechero	0	1	62	1	36	0	0
	Aves de corral (E)	0	9	0	0	42	0	49
	Ovejas	0	0	0	0	100	0	0
	Cerdos	0	8	2	51	0	0	40
	Otros animales (F)	0	0	0	0	99	0	1
África	Ganado no lechero (D)	0	0	1	3	96	0	0
	Ganado lechero	0	0	12	0	83	0	5
	Aves de corral (E)	0	0	0	0	81	0	19
	Ovejas	0	0	0	1	99	0	1
	Cerdos	0	7	0	93	0	0	0
	Otros animales (F)	1	0	0	0	99	0	1



TABLA 4-7 (CONTINUACIÓN) VALORES POR DEFECTO PARA EL PORCENTAJE DE N EN EL ESTIÉRCOL PRODUCIDO CON DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL EN DIFERENTES REGIONES DEL MUNDO (TOMADO DE SAFLEY ET AL., 1992)								
		Porcentaje de la producción de estiércol por sistemas de manejo del estiércol						
Región	Tipo de animal	Lagunas anaeróbicas	Sistema de tipo líquido	Abonado diario	Almacenamiento sólido y parcelas secas	Praderas y pastizales	Combustible utilizado	Otros sistemas
Cercano Oriente y Mediterráneo	Ganado no lechero (D)	0	0	2	0	77	18	2
	Ganado lechero	0	0	3	3	77	18	0
	Aves de corral (E)	0	1	0	0	71	0	28
	Ovejas	0	0	0	0	100	0	0
	Cerdos	0	32	0	68	0	0	0
	Otros animales (F)	0	0	0	0	100	0	0
Asia y Ext. Oriente	Ganado no lechero (D)	0	0	16	14	29	40	0
	Ganado lechero	6	4	21	0	24	46	0
	Aves de corral (E)	1	2	0	0	44	1	52
	Ovejas	0	0	0	0	83	0	17
	Cerdos	1	38	1	53	0	7	0
	Otros animales (F)	0	0	0	0	95	0	5

(D) Incluye búfalos
(E) Incluye pollos, pavos y patos
(F) Incluye cabras, caballos, mulas, asnos y camellos

TABLA 4-8 VALORES PROVISIONALES POR DEFECTO PARA LOS FACTORES DE EMISIÓN DE N₂O EN EL ESTIÉRCOL POR SISTEMA DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL (KG N₂O–N/KG NITRÓGENO EXCRETADO)	
SISTEMAS DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL^a	Factor de Emisión FE₃
Lagunas anaeróbicas ^b	0,001 (<0,002)
Sistemas de tipo líquido ^b	0,001 (<0,001)
Abonado diario ^c	0,0 (no hay rango de valores)
Almacenamiento sólido y parcelas secas ^c	0,02 (0,005-0,03)
Praderas y pastizales (pastoreo) ^d	0,02 (0,005-0,03)
Utilizado como combustible ^e	No se incluye en este capítulo
Otros sistemas ^b	0,005

^a La fracción de nitrógeno en el estiércol producido en diferentes Sistemas de Manejo del Estiércol para el ganado vacuno, cerdos y búfalos puede calcularse siguiendo el procedimiento recomendado en la Tabla 4-7, o el propuesto por Safley et al. (1992).

^b Deberá informarse en "Manejo del Estiércol".

^c Deberá informarse en "Suelos Agrícolas" (Sección 4.6) en la sección correspondiente a las emisiones directas de los suelos de los campos agrícolas después del abonado. (Se da por supuesto que no ocurren emisiones antes del abonado).

^d Deberá informarse en "Suelos Agrícolas" (Sección 4.6) en la sección correspondiente a las emisiones directas de los suelos dedicados a la producción animal.

^e Deberá informarse en el capítulo correspondiente a la Energía.

4.3 Cultivo del arroz

4.3.1 Introducción

La descomposición anaeróbica de la materia orgánica en los arrozales anegados produce escapes de metano (CH₄), debido principalmente a la difusión en la atmósfera procedente de las plantas de arroz durante la estación de crecimiento. Los arrozales de tierras altas, que no se anegan y, por lo tanto, no producen cantidades significativas de CH₄, representan aproximadamente 10% de la producción mundial de arroz y un 15% de la superficie mundial dedicada al cultivo del arroz. La superficie restante corresponde al arroz en zonas anegadas, que incluye el arroz de regadío, el de secano, y el de aguas profundas. La superficie anual de las tierras anegadas dedicadas a la cosecha del arroz en todo el mundo ascendía a unos 123,2 millones de hectáreas a comienzos de la década de 1980 (la superficie total cosechada, incluido el arroz cultivado en altura, se elevaba a 144 Mha), de las cuales más del 90% están en Asia (Neue *et al.*, 1990).¹

¹ Los términos "superficie cosechada" y "superficie cultivada" tienen significados diferentes, ya que el primero toma en cuenta la cosecha doble y triple. Por ejemplo, si un país dedica 10 millones de hectáreas de tierras al cultivo del arroz, y en todas ellas se pueden obtener dos cosechas anuales (es decir, en cada hectárea se cosechan dos cosechas de arroz todos los años), la superficie cosechada de arroz en ese país es de 20 millones de hectáreas.



Las mediciones realizadas en varios países indican que existen grandes variaciones temporales de los flujos de CH₄, y que el flujo varía considerablemente atendiendo al tipo y la textura del suelo, y a la aplicación de materia orgánica y de fertilizantes minerales (Neue y Sass, 1994). Las grandes variaciones en los flujos de CH₄ indican también que el flujo depende en gran medida de varios factores tales como el clima, las características de los suelos y los arrozales, y las prácticas agrícolas, sobre todo el régimen de las aguas. Los parámetros que inciden en las emisiones de metano varían considerablemente tanto en el espacio como en el tiempo. Los datos recogidos para el mismo punto en condiciones similares a lo largo de varios años pueden revelar diferencias considerables en los niveles estacionales de las emisiones de metano, por lo que resulta difícil establecer una cifra como nivel de emisión de metano para un campo, y mucho menos a nivel regional o nacional. Por lo tanto, con los conocimientos disponibles en la actualidad, en cuanto a los niveles de emisiones de metano para un país, resulta más realista adoptar un rango de valores observados que una única cifra.

4.3.2 Fuentes de los datos

Estadísticas de la superficie cosechada

En la Tabla 4-9 se presenta información sobre la superficie de arroz cosechada de acuerdo con las estadísticas del Anuario de la FAO (Naciones Unidas, 1992), el Anuario Agrícola de China (1990), el Almanaque del Arroz del IRRI (IRRI, 1994) y las Estadísticas Mundiales del Arroz (IRRI, 1993). La clasificación de las áreas por categorías, por ej., arroz de regadío, de secano (campos anegadizos y tierras bajas de secano) y de tierras altas en los principales países productores de arroz está basada en el Almanaque del Arroz del IRRI (IRRI, 1994); por lo que respecta a los demás países productores de arroz, esas categorías están basadas en IRRI (1990), Huke (1982) y Grist (1986). El porcentaje real de las áreas de regadío, de secano, y anegadizas que son anegadas continuamente o tienen un período de aeración superior a los tres días o múltiples aeraciones, deberán provenir de datos específicos para el país.

Valores de flujo integrados para tomar en cuenta las variaciones estacionales

En las Tablas 4-10 y 4-11 se presentan factores de emisión por defecto, FE, para diversas categorías de regímenes de aguas y factores de multiplicación para los fertilizantes orgánicos. Se parte del supuesto de que las emisiones procedentes del arroz cultivado en altura son nulas, por lo que no se toman en cuenta en los cálculos de las emisiones.

En el *Manual de Referencia* aparece un examen más detallado de las fuentes de datos disponibles.

4.3.3 Metodología

Las emisiones de metano procedentes de los arrozales pueden representarse con la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 1

$$F_c = FE \times S \times 10^{-12}$$

en la cual:

ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE COSECHADA

La superficie anual cosechada bajo esas condiciones se calcula multiplicando la superficie cultivada (en m²/año) por el número de cosechas anuales. Si en algunas zonas se obtienen dos cosechas, la superficie se incluye dos veces en la superficie cosechada.

- F_c = estimación de las emisiones anuales de metano correspondientes a un determinado régimen de aguas para el arroz y un fertilizante orgánico dado, en Tg/año;
- FE = factor de emisión de metano integrado para la estación de la cosecha, en g/m²;
- S = superficie anual cosechada en las condiciones indicadas *supra*. Se calcula multiplicando la superficie cultivada por el número de cosechas anuales, por ej., en m²/año.

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Utilice la HOJA DE TRABAJO 4-2 EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DE ARROZALES ANEGADOS que aparece al final de este módulo para anotar sus datos. En la Tabla 4-9 se presentan cifras por defecto por zonas productoras de arroz y prácticas de manejo de las aguas en todo el mundo.

USO DE LA HOJA DE TRABAJO

- Copie la hoja de trabajo que aparece al final de esta sección para completar el inventario.
- No escriba en el original de la hoja de trabajo para que pueda hacer copias adicionales en caso necesario.

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE METANO ATENDIENDO AL TIPO DE MANEJO DE LAS AGUAS

- 1 Indicar en la columna A la Superficie Cosechada correspondiente a cada régimen de manejo de las aguas (en m² x 10⁻⁹).

Para calcular la superficie anual cosechada correspondiente a esas condiciones de cultivo se multiplica la superficie cultivada (en m²/año) por el número de cosechas anuales. No se incluye en los cálculos del metano la superficie cultivada en las tierras altas (o en condiciones de secano). En la Tabla 4-9 se presentan algunas cifras por defecto que pueden utilizarse si no se cuenta con datos locales. Se debe señalar que las cifras correspondientes a la superficie cosechada presentadas en la Tabla 4-9 están expresadas en unidades de miles de hectáreas. Si se utilizan esos datos, deberán convertirse primero en metros cuadrados (1000h = 10⁷ m²).

- 2 Indicar en la columna B el Factor de Escala para las Emisiones de Metano. Se presentan factores por defecto para los ecosistemas arroceros en relación con los campos anegados continuamente, sin fertilizantes orgánicos. En la Tabla 4-10 se presentan valores que pueden utilizarse si no se cuenta con datos más pormenorizados a nivel local.
- 3 En cuanto a la conversión a suelos con fertilizantes orgánicos, indicar en la columna C un Factor de Corrección para el Fertilizante Orgánico. El valor por defecto es 2. No es necesaria corrección tratándose de suelos en que no se emplea fertilizante orgánico. En ese caso, indicar 1 en la columna C.
- 4 Anotar en la columna D el Factor de Emisión Integrado de Metano para tomar en cuenta las Variaciones Estacionales para el Arroz Anegado Continamente sin Fertilizantes Orgánicos (en g/m²). En la Tabla 4-11 se indican algunas cifras para países específicos. Como valor por defecto puede utilizarse la media aritmética del conjunto de cifras, si no estuviere disponible otra información.
- 5 Para cada categoría, multiplicar la Superficie Cultivada (columna A) por el Factor de Escala para las Emisiones de Metano (columna B), el Factor de Corrección para el Fertilizante Orgánico (columna C), y el Factor de

REFLEJAR MÁS DETALLES

Si se cuenta con los datos necesarios, se pueden utilizar subdivisiones adicionales para reflejar distintas prácticas en cuanto al empleo de los fertilizantes. Por otra parte, si lo justifican las variaciones de temperatura, las prácticas de cultivo locales, etc., se pueden realizar cálculos a nivel regional. En todos los casos, se deben utilizar copias adicionales de la hoja de trabajo, las que deberán identificarse claramente por subcategoría o región. Los resultados deberán seguidamente totalizarse para obtener una tabla de resumen nacional que corresponda a las categorías básicas descritas en este método.



Emisión Integrado de Metano para tomar en cuenta las Variaciones Estacionales para el Arroz Anegado Continuamente sin Fertilizantes Orgánicos (columna D). El resultado representa las Emisiones de CH₄ en gigagramos para cada categoría de arroz. Indicar el resultado en la columna E.

- 6 Sumar las emisiones e indicar el total en la casilla inferior de la columna E.

TABLA 4-9 DATOS DE ACTIVIDAD POR DEFECTO - ARROZ COSECHADO				
País o Región	Superficie en 1990 (miles de ha)	De regadío ^a (%)	De tierras altas (%)	De secano (%)
Américas				
EE.UU.	1 114	100	0	0
Belice	2	10	90	0
Costa Rica	53	10	90	0
Cuba	150	100	0	0
Rep. Dominicana	93	98	2	0
El Salvador	15	10	90	0
Guatemala	15	10	90	0
Haití	52	40	60	0
Honduras	19	10	90	0
Jamaica	0	40	60	0
México	123	41	59	0
Nicaragua	48	10	90	0
Panamá	92	5	95	0
Puerto Rico	0	75	25	0
Trinidad y Tobago	5	45	55	0
Argentina	103	100	0	0
Bolivia	110	25	75	0
Brasil	3945	19	75	6 (0 + 6)
Chile	35	79		0
Colombia	435	67	23	10 (0 + 10)
Ecuador	266	40	10	50
Guyana	68	95	5	0
Paraguay	34	50	50	0
Perú	185	84	16	0
Surinam	58	100	0	0
Uruguay	108	100	0	0
Venezuela	119	90	21	0